



Minería moderna, responsable y sostenible

2026





Somos orgullosamente mineros.

Tomo 3. Minería moderna, responsable y sostenible

- Introducción 1
- ¿Qué significa hacer minería responsable? 2
- Planes de manejo ambiental y Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) 4
- Gestión ambiental: agua, residuos, emisiones y biodiversidad..... 8
- Planes de cierre de mina y restauración del entorno..... 14
- Casos ejemplares de minería sustentable en México y el mundo 18

Colección La minería en México, Tomo 3. Minería moderna, responsable y sostenible
 Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C.
 Se prohíbe la reproducción parcial o total de esta publicación sin la debida autorización de la A.I.M.G.M., A.C. 2026
 Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C., Av. del Parque núm. 54, Col. Nápoles Alcaldía Benito Juárez 03810, Ciudad de México. <https://geomin.com.mx>
 Edición: Geochekas, <https://chematierra.mx>
 Diseño y coordinación de formación: [figura] consultoría editorial, <https://figconsult.com>
 Primera edición, 2026, Tiraje: 3,000 piezas. Impreso en los talleres de La Imprenta, Calzada de La Naranja núm. 891, Ampliación San Pedro Xalpa, Azcapotzalco, Ciudad de México.

Introducción

Después de entender qué es la minería, cómo se forman los minerales y por qué esta actividad es indispensable para la vida moderna, surge una pregunta inevitable: ¿es posible hacer minería sin impactar el entorno?, ¿puede una actividad extractiva ser responsable y sustentable?

Durante años, la minería fue percibida como una industria contaminante, asociada a paisajes degradados, riesgos ambientales y conflictos sociales. En muchos casos, esa percepción tuvo fundamentos reales: tecnologías limitadas, regulaciones inexistentes o laxas y una visión de corto plazo marcaron la historia temprana de la actividad minera en distintas partes del mundo.

Sin embargo, la minería del siglo XXI es radicalmente distinta. Hoy es una industria altamente regulada, intensiva en ciencia, investigación, ingeniería y monitoreo ambiental, que opera bajo estándares nacionales e internacionales cada vez más estrictos. La minería moderna no sólo se pregunta qué extraer y cómo, sino también para qué, con qué impactos y qué ocurrirá cuando la mina cierre.

Este tomo explora esa transformación: qué significa realmente hacer minería responsable, cómo se evalúan y gestionan los impactos ambientales, cómo se cuidan el agua y los ecosistemas, qué ocurre al final de la vida de una mina y qué ejemplos concretos existen, en México y en el mundo, de una minería que busca convivir con su entorno.



3.1

¿Qué significa hacer minería responsable?

La minería responsable es aquella que reconoce desde el inicio que la extracción de minerales implica intervenir el territorio, y que asume la obligación técnica, legal y ética de reducir al máximo los impactos negativos y maximizar los beneficios sociales y económicos.

No se trata únicamente de cumplir con las diferentes leyes y reglamentos aplicables al sector, sino de operar bajo un enfoque integral que combina ciencia, ingeniería, planeación ambiental y diálogo social. En este sentido, la minería responsable es el resultado de décadas de aprendizaje, errores corregidos y avances tecnológicos.

Hoy se considera que una operación minera responsable debe sostenerse sobre tres grandes ejes interdependientes:

1. Ambiental



La minería moderna parte del conocimiento detallado del entorno natural donde opera: geología, hidrología, suelos, biodiversidad y clima. Con base en esta información, diseña sus procesos para minimizar la alteración del paisaje, prevenir la contaminación del suelo, agua y del aire, proteger los ecosistemas cercanos y llevar a cabo medidas de remediación en el corto, mediano y largo plazo.

2. Social



Una mina no opera en el vacío, se inserta en territorios habitados. La minería responsable reconoce a las comunidades como actores centrales. Esto implica información transparente, diálogo continuo, respeto a los derechos humanos, condiciones laborales seguras y contribuciones reales para el desarrollo local y regional.

3. Económico



Para tener operaciones sostenibles, las minas deben ser viables a largo plazo, eficientes en el uso de recursos y capaces de generar valor más allá de la extracción vía empleos, desarrollo de cadenas productivas, pago de impuestos y contribuciones, construcción de infraestructura y fortaleciendo el conocimiento técnico.

En México, este enfoque se apoya en instituciones técnicas y especializadas como el **Servicio Geológico Mexicano**, que genera información científica sobre el territorio, y en organismos del sector como la **Cámara Minera de México (CAMIMEX)** y la **Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México (AIMMGM)**, que promueven buenas prácticas y estándares de operación. A nivel internacional, entidades como el **US Geological Survey** aportan datos y metodologías que sirven de referencia global.

La minería responsable, en síntesis, no elimina los impactos —porque ninguna actividad humana lo hace—, pero sí los reconoce, los mide, reduce y gestiona con base en evidencia científica.



3.2 Planes de manejo ambiental y Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)

Antes de que una mina inicie operaciones —incluso antes de que se coloque la primera piedra— hay años de investigación científica, estudios técnicos y una inversión considerable en conocimiento del territorio. La minería moderna no comienza con la extracción, sino con preguntas fundamentales: ¿qué hay en el subsuelo?, ¿en qué cantidad?, ¿con qué calidad?, ¿qué ecosistemas existen en la superficie?, ¿qué riesgos ambientales podrían presentarse?, ¿es viable técnica, social, económica y ambientalmente?

La investigación previa: ciencia antes que minería

La apertura de un proyecto minero inicia con una fase larga de exploración e investigación, que puede durar entre 5 y 15 años. En esta etapa, la mayoría de los proyectos no llega a convertirse en mina, precisamente porque los estudios demuestran que no son viables.

Esta fase incluye:

- Estudios geológicos y geoquímicos para identificar y caracterizar el depósito de minerales.
- Perforaciones exploratorias profundas, cuyos núcleos se analizan en laboratorio.
- Modelos geológicos tridimensionales que permiten estimar volumen, ley y continuidad del mineral.
- Estudios hidrogeológicos para conocer acuíferos, flujos subterráneos y disponibilidad de agua.
- Estudios geotécnicos para evaluar la estabilidad del terreno y el diseño de las obras mineras, ya sean tajos a cielo abierto, subterráneas o combinación de ambas, según sea el caso.
- Análisis económicos para determinar si el proyecto puede operar de forma rentable.

Todo esto se realiza antes de solicitar permisos ambientales para operación, y representa una inversión millonaria en ciencia e ingeniería, incluso sin garantía de que el proyecto avance.

La Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)

Una vez que un proyecto demuestra viabilidad técnica y económica preliminar, entra en una de las etapas más estrictas: la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).

La MIA es un instrumento legal obligatorio en México, regulado por la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente** y evaluado por la **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)**. Su objetivo es identificar, predecir y evaluar los impactos ambientales que un proyecto minero podría generar, y establecer medidas claras para prevenirlos, mitigarlos o compensarlos.

La MIA no es un formato genérico. Es un documento técnico extenso que se elabora específicamente para cada proyecto y cada territorio.

¿Qué contiene una MIA?

La Manifestación de Impacto Ambiental parte de un concepto clave: la línea base ambiental. Esto significa documentar, con datos científicos, cómo es el entorno antes de cualquier intervención humana.

Entre los estudios que conforman una MIA se incluyen:

- **Caracterización del medio físico:** geología, fisiografía, suelo, hidrología superficial y subterránea, clima, calidad del aire.
- **Caracterización del medio biológico:** flora, fauna, incluyendo la definición de especies endémicas, protegidas o en condición de riesgo conforme a la normatividad establecida por la autoridad ambiental federal.
- **Caracterización del medio social:** comunidades cercanas al proyecto, actividades económicas de la zona y la región, uso del suelo, infraestructura existente.
- **Descripción detallada del proyecto:** métodos de extracción, volúmenes de despilme, de mineral a procesar y material residual; uso y origen del agua, manejo de residuos, consumo energético.
- **Identificación y evaluación de impactos:** qué efectos podría tener cada etapa del proyecto (construcción, operación, cierre).
- **Medidas de prevención y mitigación:** acciones técnicas específicas para reducir impactos antes, durante y después de concluidas las operaciones.
- **Programas de monitoreo ambiental:** indicadores, frecuencia y responsables.
- **Plan de cierre y restauración ambiental:** cómo se recuperará el sitio una vez concluida la operación minera, incluyendo el cronograma para estas actividades.

Estos estudios suelen ser elaborados por equipos multidisciplinarios: biólogos, geólogos, ingenieros ambientales, hidrólogos, sociólogos y especialistas legales.





Evaluación, condicionantes y seguimiento

Una vez presentada la MIA, la autoridad ambiental puede:

- Autorizar el proyecto.
- Autorizarlo con condicionantes obligatorias.
- Solicitar información adicional.
- O negar la autorización si los impactos son considerados inaceptables.

6 Cuando una operación minera recibe la autorización para iniciar actividades, no queda exenta de vigilancia. Debe cumplir con las condicionantes establecidas, someterse a inspecciones y entregar reportes periódicos. El incumplimiento puede derivar en multas, suspensión de actividades o cierre.

Además de la MIA, los proyectos mineros deben cumplir con otras autorizaciones y normas, como:

- Concesiones mineras.
- Concesión para uso de agua.
- Autorizaciones en materia forestal.
- Normas de seguridad industrial y laboral.
- Regulaciones sobre almacenamiento, transporte y uso de explosivos.
- Regulación sobre almacenamiento y transporte de materiales peligrosos.
- Capacitación permanente para el personal.

El Plan de Manejo Ambiental: de la teoría a la operación diaria

Mientras la MIA es el documento que evalúa y autoriza, el Plan de Manejo Ambiental es el que opera en el día a día. Funciona como una guía técnica que establece procedimientos claros para:

- Manejo y tratamiento del agua.
- Control de emisiones y polvo.
- Gestión de residuos y jales.
- Protección de flora y fauna.
- Restauración progresiva del terreno.
- Atención a contingencias ambientales.

Este plan se actualiza conforme avanza la mina, integrando nuevos datos, tecnologías y resultados de monitoreo.

Minería regulada: una actividad vigilada desde el inicio

Contrario a la idea de que las minas “se instalan sin control”, la realidad es que la minería formal es una de las actividades más reguladas y evaluadas desde su etapa conceptual. La combinación de investigación científica, evaluación ambiental, autorizaciones legales y monitoreo continuo convierte a la minería moderna en una actividad planeada, supervisada y documentada.

Abrir una mina no es una decisión rápida ni sencilla. Es el resultado de años de estudios, inversión y cumplimiento de procesos regulatorios, diseñados para garantizar que si el proyecto avanza se haga bajo condiciones técnicas, ambientales y sociales claramente establecidas.

3.3 Gestión ambiental: agua, residuos, emisiones y biodiversidad

La minería moderna no puede entenderse sin una gestión ambiental integral. El uso del agua, el manejo de residuos, el control de emisiones y la protección de la flora y fauna forman parte de un mismo sistema de planeación y operación. Estos elementos no se atienden de manera aislada, sino como procesos interconectados que se diseñan desde la etapa de estudios y se ajustan durante toda la vida de una mina.

El objetivo no es sólo cumplir con la normatividad ambiental, sino reducir riesgos, prevenir impactos y asegurar la estabilidad ambiental del proyecto a corto, mediano y largo plazo.

Agua: un recurso crítico y altamente regulado

El agua es un insumo importante en diversas etapas de la actividad minera, pero también uno de los recursos más regulados y monitoreados. Actualmente, la emisión de nuevas concesiones mineras está supeditada a la disponibilidad de agua para uso industrial minero en la zona donde se ubique el proyecto de interés.

Antes de operar, los proyectos mineros realizan estudios hidrológicos e hidrogeológicos para conocer el comportamiento del agua en la región: acuíferos, escurrimientos superficiales, recarga natural y relación con otros usos del agua.

Con base en esta información, se define el origen del agua que utilizará la mina, que puede incluir agua concesionada, agua tratada, agua de lluvia o fuentes industriales reutilizadas, evitando competir con el consumo humano.

En la minería moderna, se busca **usar la menor cantidad de agua posible**. Por ello se implementan **circuitos cerrados**, donde el agua se recupera, se trata y se reutiliza continuamente dentro del proceso. En la mayoría de las minas se recicla del orden de 70% del agua empleada en sus procesos. Incluso hay casos de minas en las que no requieren agua concesionada de primer uso para sus requerimientos industriales.

Además, la calidad del agua se monitorea de forma permanente, tanto dentro de la operación como en el entorno. Se analizan parámetros físicos, químicos y, en algunos casos, biológicos para asegurar que no exista afectación a cuerpos de agua naturales.

Tratamiento y protección del agua

El agua que se usa en las diferentes etapas de la extracción minera no se libera al ambiente sin tratamiento. Dependiendo de su composición, puede pasar por:

- Procesos físicos (sedimentación, filtración).
- Procesos químicos (neutralización, precipitación).
- Procesos biológicos en casos específicos.

Las plantas de tratamiento minero están diseñadas para cumplir con normas de descarga y, en la mayoría de los casos, el agua tratada **no se descarga**, sino que se reincorpora al sistema productivo.



Residuos mineros: estabilidad y control a largo plazo

La minería genera residuos porque no todo el material extraído contiene valor económico. Estos residuos se dividen principalmente en **roca estéril** y **jales**, su manejo es uno de los aspectos más regulados de la operación minera.

Roca estéril Es el material sin valor económico que se remueve para acceder al yacimiento. Su manejo incluye:

- Caracterización geológica y geoquímica.
- Evaluación de estabilidad física.
- Diseño de depósitos con taludes controlados.
- Revegetación progresiva para integrarlos al paisaje.

Jales mineros

Los jales son una mezcla de partículas finas de roca, agua y, en algunos casos, reactivos del proceso. Por ello, su manejo es uno de los aspectos más regulados de la minería moderna.

Los **depósitos de jales** se diseñan con estudios geotécnicos, sísmicos e hidrológicos que consideran:

- Tipo de suelo y roca.
- Permeabilidad del sustrato rocoso.
- Sismicidad regional.
- Precipitaciones extremas.
- Vida útil de la mina y del depósito.

Estas instalaciones cuentan con sistemas de monitoreo permanente que miden presión, estabilidad, filtraciones y comportamiento estructural. En muchos casos se incorporan tecnologías de **jales espesados o filtrados**, que reducen significativamente el contenido de agua y aumentan la seguridad. También, es frecuente que los jales se confinen total o parcialmente dentro de las obras mineras subterráneas en desuso, lo cual reduce significativamente su condición de riesgo.

Además, se realizan análisis químicos para evitar fenómenos como el drenaje ácido, mediante encapsulamiento, neutralización o selección adecuada de materiales.



Emisiones: polvo, gases y ruido

Las principales emisiones asociadas a la minería son el polvo, los gases de combustión y el ruido. Cada una de éstas se gestiona con medidas técnicas específicas.

El **polvo** se controla mediante:

- Humectación de caminos.
- Uso de supresores.
- Cobertura vegetal progresiva.
- Encapsulamiento de procesos.

Los **gases y emisiones atmosféricas** provienen principalmente de maquinaria y procesos térmicos. Para reducirlos, la minería incorpora:

- Equipos más eficientes.
- Mantenimiento continuo.
- Uso de combustibles más limpios.
- Electrificación de maquinaria, especialmente en minas subterráneas.

El **ruido y las vibraciones**, particularmente en operaciones de perforación y voladura, se controlan mediante diseño de horarios, técnicas de voladura controlada y monitoreo constante para evitar afectaciones a comunidades cercanas.

Energía y emisiones: hacia operaciones más eficientes

El control de emisiones en minería no sólo se relaciona con polvo y gases, sino también con el **consumo energético**. En los últimos años, diversas operaciones mineras han incorporado estrategias para **reducir su huella de carbono**, entre ellas el uso de **energías renovables**.

En México y otros países algunas minas utilizan:

- Energía solar o eólica para alimentar parte de sus operaciones.
- Sistemas híbridos en zonas remotas.
- Electrificación de equipos, especialmente en minería subterránea, lo que reduce emisiones y mejora la calidad del aire interior.

Si bien no todas las operaciones pueden depender completamente de fuentes renovables, estas iniciativas muestran una tendencia clara hacia una minería más eficiente y alineada con los objetivos de mitigación del cambio climático.



Flora y fauna: protección, monitoreo y restauración

La gestión ambiental en minería también incluye la protección de la biodiversidad. Desde la etapa de estudios ambientales se identifican las especies de flora y fauna presentes en el área, así como aquellas que se encuentran protegidas o en alguna categoría de riesgo.

Con base en estos estudios, se implementan medidas como:

- Rescate y reubicación de flora antes del inicio de obras.
- Programas de ahuyentamiento y rescate de fauna durante la construcción.
- Monitoreo continuo de especies indicadoras.
- Restricciones operativas en zonas o periodos sensibles.



Durante la vida de la mina, especialmente conforme algunas áreas dejan de utilizarse, se realizan acciones de restauración progresiva, lo que permite recuperar funciones ecológicas, incluso antes del cierre definitivo del proyecto.



12



13

3.4 Planes de cierre de mina y restauración del entorno

En la minería moderna, el cierre de una mina **es** una fase planeada desde el inicio del proyecto. Hoy en día, las operaciones mineras están obligadas a prever **qué ocurrirá con el sitio una vez que la extracción concluya**, cómo se garantizará su estabilidad y de qué manera se integrará nuevamente al entorno natural y social.

El cierre de mina forma parte del ciclo completo de la actividad minera y está estrechamente vinculado a la planeación ambiental, a la Manifestación de Impacto Ambiental y a los compromisos legales y sociales adquiridos para poder operar.

¿Qué es un plan de cierre de mina?

Un **plan de cierre** es un documento técnico que define, con base en estudios científicos y de ingeniería, **cómo se dismantelará una operación minera y cómo se restaurará el área intervenida**. Este plan se diseña desde las primeras etapas del proyecto y se actualiza conforme avanza la vida útil de la mina.

Su objetivo principal es asegurar que, una vez concluida la actividad extractiva:

- El sitio sea **física y químicamente estable**.
- No represente riesgos para el ambiente ni para las personas.
- El terreno pueda tener un **uso futuro compatible con su entorno**.

En México, los planes de cierre están vinculados a las autorizaciones ambientales otorgadas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y su cumplimiento es obligatorio. De manera adicional, el Plan de Cierre de Minas recientemente se ha incorporado a la Ley de Minería, estando en espera de que en la revisión de su Reglamento se refiera su contenido y alcance, así como el procedimiento para su evaluación.

Cierre progresivo: restaurar mientras la mina sigue operando

Una característica clave de la minería moderna es el **cierre progresivo**. Esto significa que la restauración no espera al final del proyecto, sino que se inicia conforme algunas áreas dejan de utilizarse.

Por ejemplo:

- Bancos o tajos que ya no están en uso pueden estabilizarse y revegetarse.
- Depósitos de roca estéril se perfilan para integrarse al paisaje.
- Superficies intervenidas se cubren con suelo fértil y especies vegetales nativas.

Este enfoque reduce el impacto acumulado, facilita la recuperación ecológica y permite evaluar, durante la operación, la efectividad de las medidas de restauración.

Restauración ambiental: estabilidad y funciones ecológicas

La restauración de un sitio minero **no significa necesariamente devolverlo a su estado original**, sino recuperar condiciones funcionales que permitan su integración al entorno. Esto implica dos grandes componentes.

El primero es la **estabilidad física y química**. Se busca garantizar que taludes, depósitos de residuos y suelos no presenten riesgos de falla (colapso), erosión o contaminación a largo plazo. Para ello se aplican criterios de ingeniería geotécnica, control de escurrimientos y, cuando es necesario, encapsulamiento de materiales.

El segundo componente es la **restauración ecológica**. Incluye la recuperación del suelo, la revegetación con especies nativas y el restablecimiento de hábitats que favorezcan el regreso de la fauna local. Estos procesos se apoyan en estudios de flora y fauna realizados desde la etapa de planeación.

La restauración se monitorea durante años, incluso después del cierre formal de la mina, para asegurar que los ecosistemas evolucionen de manera estable.



Uso futuro del sitio: más allá de la mina

Parte fundamental del plan de cierre es definir el **uso futuro del terreno**, en coordinación con autoridades y comunidades. Dependiendo de las características del lugar, un sitio minero restaurado puede destinarse a:

- Áreas naturales o de conservación.
- Espacios recreativos o parques.
- Zonas de uso productivo compatible.
- Áreas de investigación o educación ambiental.

En México y otros países existen ejemplos de antiguos sitios mineros que hoy funcionan como **pulmones verdes, espacios públicos o reservas**, mostrando que el cierre puede convertirse en una oportunidad para el territorio.



Seguimiento y responsabilidad a largo plazo

El cierre de una mina no termina con el último día de operación. Las empresas están obligadas a realizar **monitoreo postcierre**, que incluye revisión de estabilidad, calidad del agua, comportamiento de la vegetación y posibles riesgos ambientales.

Este seguimiento garantiza que los compromisos adquiridos durante la vida del proyecto se cumplan incluso después de concluida la extracción y que el sitio permanezca seguro y funcional en el largo plazo.



3.5 Casos ejemplares de minería sustentable en México y el mundo

Existen muchas operaciones en México y en el mundo que, bajo marcos regulatorios estrictos y supervisión constante, han incorporado **buenas prácticas ambientales, sociales y técnicas** que hoy funcionan como referentes.



México avances en gestión ambiental y social

Buenavista del Cobre (Sonora)

Buenavista del Cobre, una de las minas de cobre más grandes del mundo, ha incorporado **plantas de tratamiento de agua**, sistemas de recirculación y programas de restauración progresiva. En los últimos años ha invertido en **modernización tecnológica y control ambiental**, además de programas de monitoreo y seguridad en depósitos de jales.

Su operación es constantemente auditada y forma parte de los reportes de sustentabilidad del sector minero mexicano.



El Boleo (Baja California Sur)

La mina El Boleo es un ejemplo destacado de **gestión integral del agua** en una región árida. La operación utiliza **agua desalinizada**, lo que reduce la presión sobre acuíferos locales y evita competir con otros usos. Además, cuenta con plantas de tratamiento y sistemas de recirculación que permiten reutilizar gran parte del agua en sus procesos.

El proyecto ha sido documentado en perfiles técnicos internacionales por su enfoque en **infraestructura ambiental desde el diseño**, así como por el monitoreo continuo de sus instalaciones de residuos.

Fresnillo plc (Zacatecas)

Las operaciones de Fresnillo plc han desarrollado programas de **rehabilitación ambiental y uso social del territorio**, como el caso del **Parque Ecológico Los Jales**, construido sobre un antiguo depósito de residuos mineros. Este espacio funciona hoy como área verde, recreativa y de captación de agua pluvial para la ciudad de Fresnillo.

El proyecto ha sido reconocido por autoridades locales y turísticas como un ejemplo de **reaprovechamiento del espacio post-minero**.

Canadá:

liderazgo en restauración y regulación

Canadá es considerado uno de los países con los estándares más altos en minería responsable. Sus regulaciones obligan a las empresas a presentar **planes de cierre con garantías financieras** desde el inicio del proyecto, asegurando que la restauración se realice incluso si la mina deja de operar.

Un ejemplo emblemático es la **rehabilitación de la mina Sullivan** (Columbia Británica), donde se implementaron programas de estabilización de residuos, restauración ecológica y monitoreo a largo plazo. El sitio ha sido integrado al entorno con usos compatibles y seguimiento ambiental continuo.

Chile:

minería en condiciones extremas y gestión del agua

Chile enfrenta uno de los mayores retos para la minería: operar en zonas desérticas con escasez hídrica. Por ello, varias operaciones han adoptado el uso de **agua de mar desalinizada** para procesos mineros, reduciendo el uso de agua continental.

Proyectos de cobre en el norte del país han desarrollado **infraestructura de desalinización y conducción de agua**, además de programas de eficiencia energética y reducción de emisiones. Estas prácticas han sido documentadas por autoridades mineras chilenas y organismos internacionales como ejemplos de adaptación a contextos ambientales complejos.

Australia:

tecnología y reducción de huella ambiental

Australia es referente en el uso de **automatización, monitoreo remoto y energías renovables** en minería, especialmente en regiones remotas. Varias minas incorporan sistemas solares y eólicos para reducir el consumo de combustibles fósiles, así como flotas parcialmente electrificadas.

Además, Australia ha avanzado en el uso de **jales filtrados** y en la rehabilitación progresiva de sitios mineros, integrando criterios de paisaje y biodiversidad desde la planeación.

La minería sustentable no es uniforme ni automática. Requiere conocimiento del territorio, inversión constante y marcos regulatorios sólidos. Los casos aquí presentados no representan modelos perfectos, pero sí **referencias reales** de cómo la minería puede operar de manera más responsable cuando existe planeación, vigilancia y voluntad de mejora.

Entender estos ejemplos permite analizar la minería no desde extremos —idealización o rechazo absoluto—, sino desde la evidencia. Sólo así es posible participar de manera informada en el debate sobre el uso de los recursos minerales que sostienen nuestra vida moderna.

Bibliografía

Cámara Minera de México (CAMIMEX). (2023). Informe Anual de la Minería Mexicana. Ciudad de México: CAMIMEX.

Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2023). Panorama Minero de México. Pachuca: SGM.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2022). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su reglamentación en materia de evaluación de impacto ambiental. Ciudad de México: Gobierno de México.

Secretaría de Economía. (2023). Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. Ciudad de México: Gobierno de México.

US Geological Survey (USGS). (2024). Mineral Commodity Summaries 2024. Washington, D.C.: United States Geological Survey.

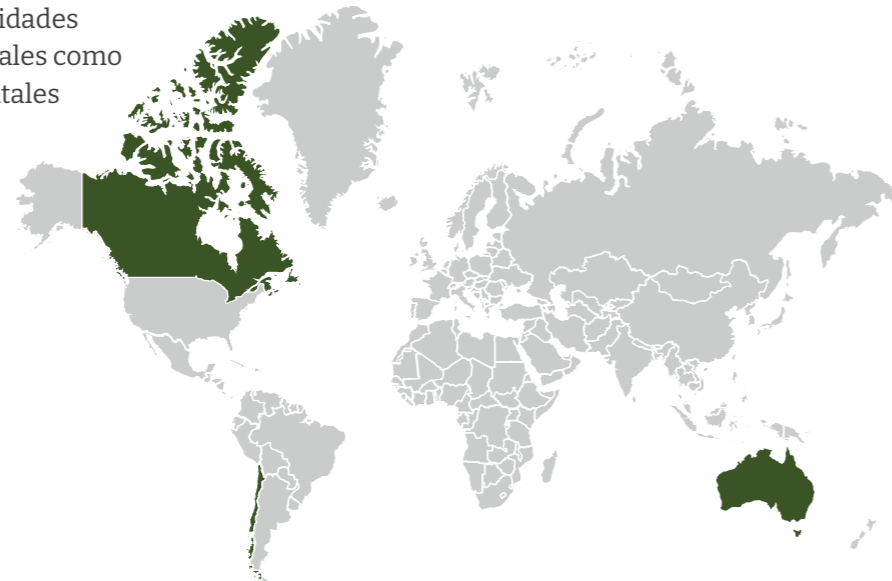
International Energy Agency (IEA). (2021). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. Paris: International Energy Agency.

World Bank. (2020). Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. Washington, D.C.: World Bank Group.

International Council on Mining and Metals (ICMM). (2020). Mining Principles. London: ICMM.

United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). Environmental Aspects of Mining and Sustainable Development. Nairobi: UNEP.

Global Industry Standard on Tailings Management. (2020). Global Industry Standard on Tailings Management.





<https://geomin.com.mx>

